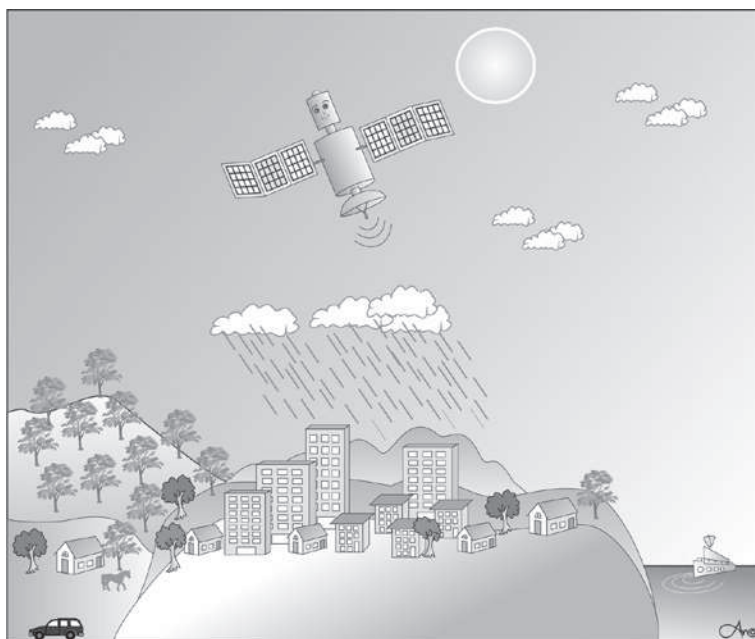


# 13

## Mudanças Climáticas e Modelagem Ambiental



*Sandra Furlan Nogueira*  
*Gustavo Bayma Silva*

**429 Os satélites e seus sensores podem auxiliar em temáticas relativas às mudanças climáticas?**

Sim. Imagens orbitais podem ser utilizadas no monitoramento espaço-temporal das causas naturais e antrópicas das mudanças climáticas. Os diversos sensores existentes têm sido aplicados no monitoramento meteorológico e no monitoramento das mudanças do uso e cobertura da terra, ou seja, podem ser monitorados medidas e parâmetros que frequentemente são associados ao efeito estufa e ao aquecimento global.

**430 Quais os parâmetros meteorológicos medidos por satélites meteorológicos?**

Dentre os inúmeros parâmetros, destacam-se:

- A irradiância solar.
- Temperatura atmosférica em diversos perfis de altitude.
- Nuvens.
- Temperatura de nuvens.
- Calor latente.
- Precipitação.
- Aerossóis.
- Ozônio.
- Vapor d'água, dentre outros.

**431 A camada de ozônio também pode ser monitorada?**

Sim. Este é o objeto de monitoramento do satélite Aura, lançado em 2004. A finalidade do Aura é responder:

- Se a camada de ozônio está se recuperando.
- Se a qualidade do ar está se deteriorando.
- Se o vapor d'água e o ozônio nas camadas superiores da atmosfera são fatores importantes na manutenção da temperatura global.

**432** Existem sensores orbitais que monitoram a concentração de gases na atmosfera?

Sim. O sensor AIRS, abordo do satélite Aqua, por exemplo, fornece informações das concentrações de  $O_3$ , CO e  $CH_4$  na troposfera.

**433** É possível estimar a precipitação por meio de dados de sensores remotos?

Sim. O *Tropical Rainfall Measuring Mission* (TRMM) é um projeto entre a Agência Espacial Norte-Americana (Nasa) e a Agência de Exploração Espacial Japonesa (Jaxa), com objetivo de disponibilizar dados de precipitação das áreas tropicais e subtropicais do planeta.

O *Precipitation Radar* (PR) foi o primeiro instrumento desenvolvido para mapear a estrutura interna das tempestades. O *TRMM Microwave Imager* (TMI) provê informações quantitativas da precipitação, como:

- Vapor d'água.
- Quantidade de água na nuvem.
- Intensidade da precipitação na atmosfera.

**434** Quais as atividades humanas responsáveis pelo aumento dos gases de efeito estufa e como as geotecnologias têm sido utilizadas para monitorar tais atividades?

A queima de combustíveis fósseis, o desmatamento e as mudanças no uso e cobertura das terras (conversões como mudanças de floresta para agricultura, pecuária para agricultura, entre outras possibilidades) são alguns exemplos.

As geotecnologias são aplicadas principalmente no monitoramento espaço-temporal das mudanças de uso e cobertura da terra, que incluem o mapeamento de desmatamentos, queimadas,

expansão de áreas agrícolas; e no contexto das atividades agropecuárias, mapeamento de culturas agrícolas, estimativa de safras, identificação de intensificação agrícola (por exemplo, número de safras por ano), qualificação das pastagens, entre outros.

**435 De que forma os satélites e sensores podem contribuir na estimativa de estoque de carbono em ambientes florestais?**

Por meio da comparação entre dados obtidos em inventários florestais (dados de campo) e produtos derivados de imagens de satélite.

Dados de volumetria, altura, diâmetro e dendrometria podem ser correlacionados com valores de índices relacionados à atividade fotossintética da vegetação, como o *Normalized Difference Vegetation Index* (NDVI), *Enhanced vegetation Index* (EVI), índices relacionados à biomassa, temperatura da superfície, entre outros.

Uma vez feita a calibração entre ambos os tipos de dados (dados de campos e informações das imagens), extrapolam-se as relações para áreas mais abrangentes.

**436 No contexto das mudanças climáticas, quais as consequências dos desmatamentos?**

As consequências são: alteração dos valores de albedo da superfície, de emissividade, de temperatura de superfície, da evapotranspiração e o do balanço de radiação, desequilibrando assim o balanço de energia local. Esses parâmetros biofísicos podem ser estimados por meio de técnicas de geoprocessamento aplicadas em imagens de satélite.

**437 Com que frequência é possível monitorar desmatamentos por meio de imagens de satélite?**

Utilizando imagens de distribuição gratuita é possível monitoramento a cada dois dias com imagens do sensor MODIS, a bordo da

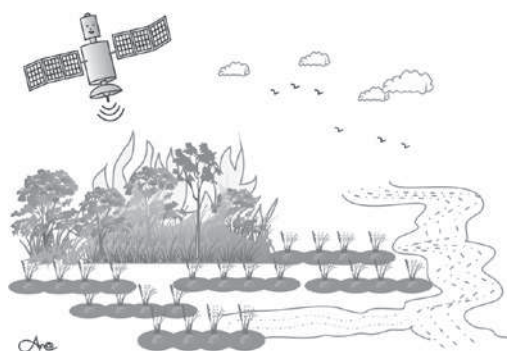
plataforma Terra ou Aqua. Este sensor é capaz de imagear uma área mínima de 6,25ha. Caso seja necessário monitorar áreas menores, pode ser utilizado o satélite Landsat-8 que possui 16 dias de revisita e área mínima mapeada de 900m<sup>2</sup>.

**438 No Brasil, qual o papel das geotecnologias no monitoramento das queimadas?**

As geotecnologias atuam em duas frentes, sendo a primeira a detecção de focos de calor e a segunda o mapeamento das cicatrizes de queimadas.

Os focos de calor das Américas do Sul e Central, da África e da Europa podem ser obtidos junto ao Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (Inpe) e são oriundos de metodologias que usam imagens AVHRR dos satélites NOAA (15, 16, 18 e 19), imagens MODIS dos satélites Terra e Aqua, e as imagens dos satélites GOES (12 e 13) e MSG-2.

Por sua vez, o mapeamento pode ser feito por meio de técnicas de geoprocessamento (segmentação, classificação, etc.) em imagens de alta, média e baixa resolução espacial, dependendo da frequência que se deseja monitorar a área queimada e a escala de trabalho.



**439 É possível, quantificar as áreas atingidas pelo fogo, por monitoramento das áreas florestais, com imagens de satélite?**

Sim. É possível identificar as cicatrizes de queimadas. Em função de sua resposta espectral, essas áreas aparecem com tonalidade

próxima da cor preta, e isso permite que o intérprete ou o algoritmo as discrimine de outros alvos da imagem.

A separação das áreas de queimadas de áreas úmidas, ou corpos d'água, pode ser feita com auxílio de outros dados, como cartas topográficas. Para facilitar essa discriminação, alguns estudos propõem o uso da fração sombra do modelo linear de mistura espectral.

**440**

**De que forma as geotecnologias contribuem para o entendimento das consequências do aquecimento global?**

Por meio do monitoramento dos seguintes fenômenos e acontecimentos:

- Variações da temperatura do planeta.
- Ocorrência de eventos climáticos extremos.
- Elevação do nível do mar.
- Perda da camada de gelo.
- Disponibilidade de recursos hídricos.
- Mudanças nos ecossistemas.
- Expansão da desertificação.
- Expansão das áreas agrícolas.
- Impactos na saúde e bem-estar da população.

**441**

**E com relação às calotas polares, suas variações são passíveis de monitoramento?**

Desde a década de 1970, as calotas polares são alvo de monitoramento por meio de imagens de satélite, sendo o ESMR o primeiro instrumento utilizado. Com o desenvolvimento de novos satélites e sensores, ambos passaram a ter mais importância do que dados obtidos por estações terrestres, navios e aeronaves. Outros instrumentos têm sido usados para estimar a extensão e a espessura da camada de gelo, como Landsat, MODIS, Cryosat-2, entre outros.

**442** Quais as consequências das mudanças climáticas na produção de alimentos e como as geotecnologias são usadas na projeção de cenários futuros?

Um exemplo da aplicação das geotecnologias na projeção de cenários futuros é o cruzamento entre dados de localização e extensão das áreas agrícolas com os mapeamentos climáticos que incluem as projeções de mudanças de temperatura. Desta forma é possível observar em que locais determinadas culturas serão afetadas pelas alterações do clima.

**443** De que forma os países utilizam as geoinformações para fazer inventários sobre a emissão de gases de efeito estufa?

Podemos entender como interferência antrópica as ações humanas no meio ambiente. Como exemplos podemos citar a agricultura, a pecuária, os desmatamentos, as queimadas, os sistemas de tratamentos de resíduos sólidos e líquidos, entre outras. A localização das atividades e a área que ocupam, assim como o tempo em que existem, são entendidas como geoinformações. Por sua vez, para cada atividade antrópica existem diferentes fatores (números) que demonstram a magnitude do impacto dessa atividade na emissão de gases de efeito estufa na atmosfera. De forma bastante simplificada, o inventário de emissões de cada país é feito por meio do cruzamento com a geoinformação associada.

**444** É possível dimensionar a área de florestas para cálculo do crédito de carbono e elaboração de projetos Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL) por meio de imagens de satélite?

Sim. Para ser elegível a projetos de florestamento ou de reflorestamento, para gerar créditos de carbono, uma área pode

ser dimensionada por meio de imagens de satélite. Contudo, mais importante do que dimensionar, as imagens de satélite são usadas para comprovar a não existência de floresta anterior ou identificar a área desmatada, pré-requisitos de projeto. Quanto a projetos MDL, o sensoriamento remoto tem papel fundamental na determinação do histórico e no monitoramento anual das áreas relacionadas a esses projetos (localização e dimensão).

**445** **É possível estimar o acréscimo de carbono no solo por meio do monitoramento das áreas sob práticas agrícolas conservacionistas por imagens de satélite?**

Sim. Por meio do monitoramento espaço-temporal da mudança do uso da cobertura da terra, mapeamentos pedológicos da área de interesse e dados de literatura sobre valores de conversão de conteúdos de carbono no solo.

**446** **Quais os modelos espaciais mais comumente usados para avaliar as mudanças de uso e cobertura da Terra?**

Um dos modelos de simulação mais usado em estudos da paisagem é o modelo estocástico, também denominado de estocástico-probabilístico, o qual torna possível definir as áreas futuras mais suscetíveis a novas alterações de uso e cobertura, por meio de uma matriz de transição definida a partir de mudanças de uso e cobertura da terra em épocas passadas e a relação dessas mudanças com critérios definidos por pesos.

**447** **De que forma métodos em sensoriamento remoto e em geoprocessamento podem contribuir na estimativa de biomassa vegetal em florestas e em culturas agrícolas?**

Uma forma de se estimar a biomassa florestal é por meio da aquisição de dados usando-se *Laser Scanner* Aerotransportado



(LSA), sistemas baseados na tecnologia *Light Detection and Ranging* (LiDAR), que usa a energia *laser* para medir distâncias dos alvos.

Essa tecnologia permite a aquisição de dados topográficos tridimensionais com alta precisão, sendo que em áreas florestais torna-se possível conhecer a estrutura da vegetação e derivar informações a respeito da cobertura florestal.

Com relação às coberturas agrícolas, são aplicados métodos que se fundamentam na aplicação de algoritmos e/ou modelos na obtenção de parâmetros biofísicos da vegetação utilizando imagens orbitais. O *Surface Energy Balance Algorithm for Land* (SEBAL) é um exemplo de algoritmo que utiliza dados de sensores remotos para estimar alguns desses parâmetros, como a evapotranspiração. Este algoritmo é promissor por ser construído de forma modular, permitindo que outros modelos sejam acoplados.